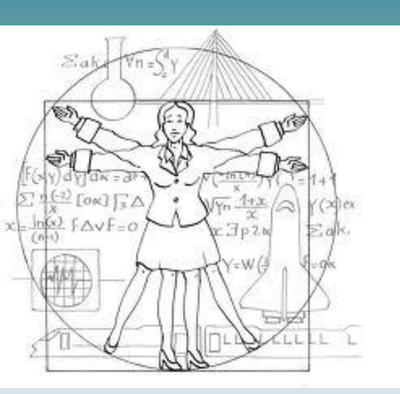






Confort dans le bâtiment : n'oublions pas l'habitant(e) !

Françoise THELLIER - thellier@cict.fr

Françoise MONCHOUX & Jean-Pierre BEDRUNE http://phase.ups-tlse.fr/



Université Toulouse III- Paul Sabatier

118, route de Narbonne - 31062 TOULOUSE Cedex 9

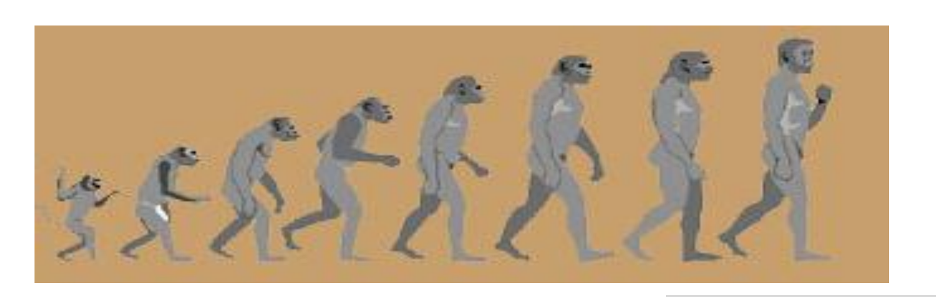
http://www.ups-tlse.fr/





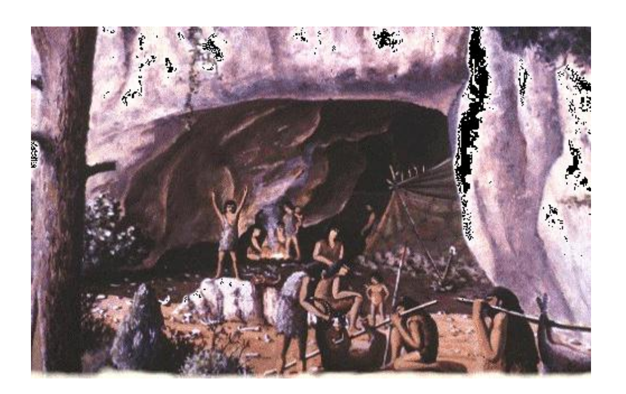
Objectif de l'Habitat n° 1

protéger l'Homme





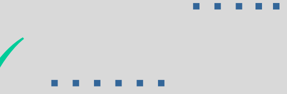




- Climat
  - froid
  - soleil
  - .....
- Agressions
  - animaux
  - .....



- Maladies
  - .....
- ......









Objectif de l'habitat n°2

Créer un lieu de vie agréable = CONFORTABLE







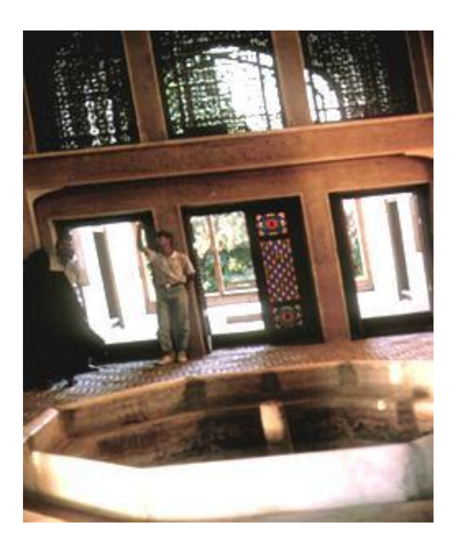
- ✓ Chauffé

- ✓ Éclairé



- ✓ Décoré
- ✓ Sain
- ✓ Convivial
- ✓ ……







- ✓ ……
- ✓ et éventuellement se ''déplace''



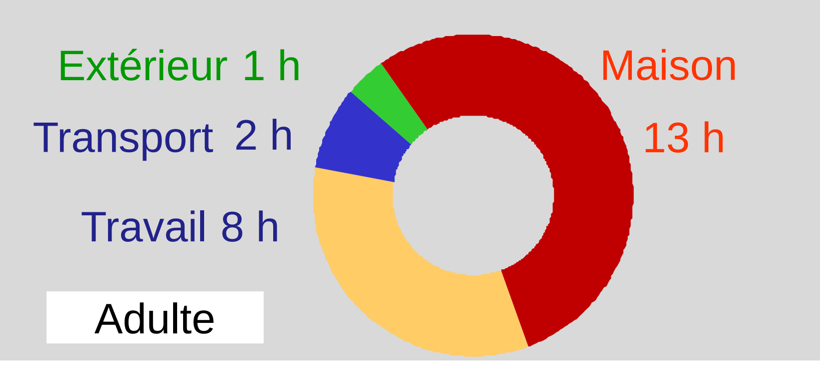


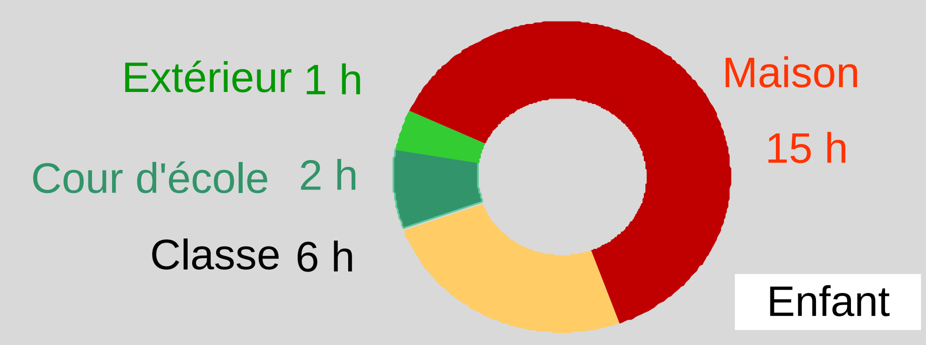


Enjeux pour les occupants

- ≅ 50 % population mondiale dans les villes ↳ ≅ 70 % en 2025
- ≅ 90 % du temps à l'intérieur d'un habitat

Répartition pour une journée type *(Observatoire de la qualité de l'air intérieur CSTB)*





Optimiser du confort

- Thermique, acoustique, lumineux, olfactif
- Facilité de gestion
- ….

Préserver la Santé

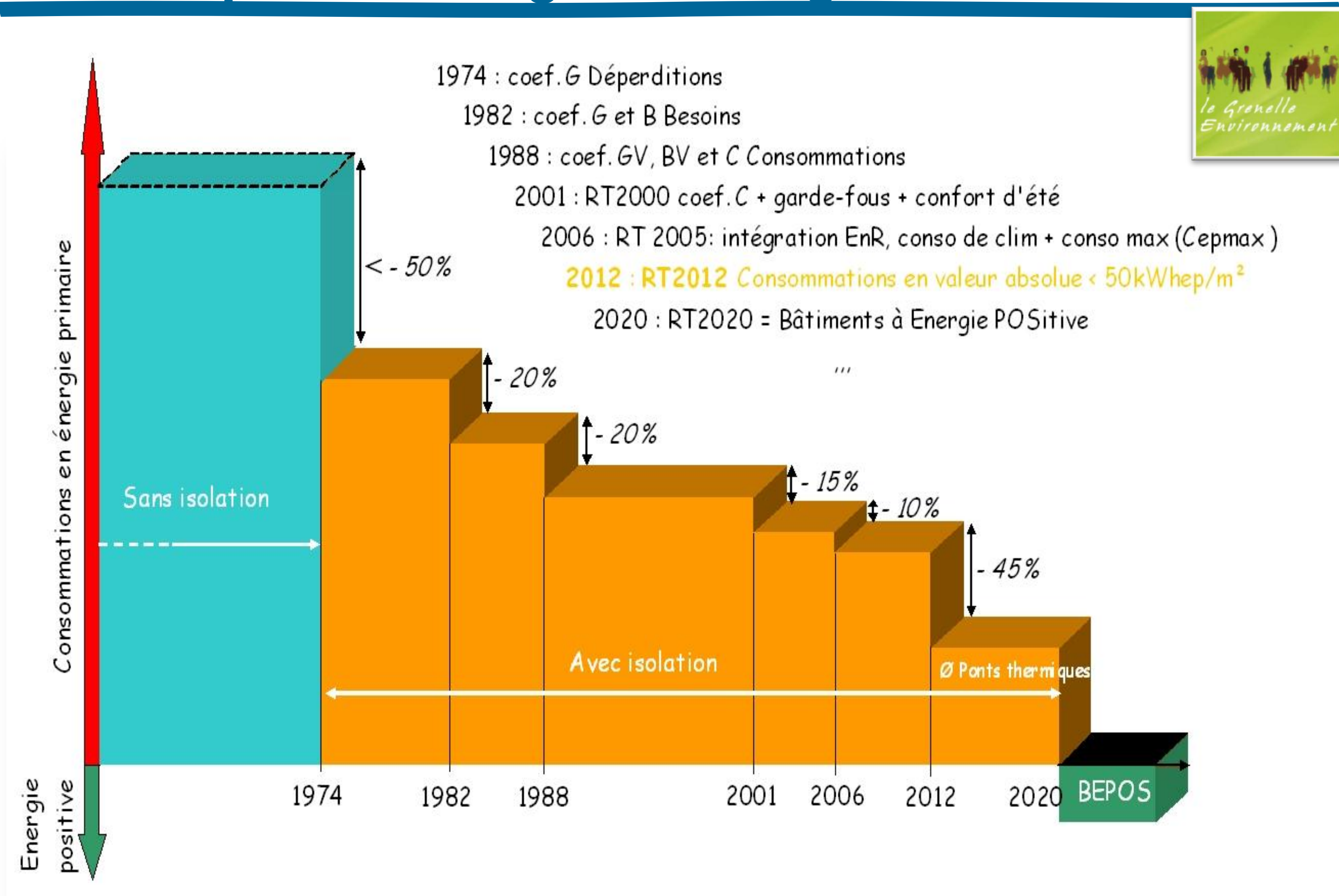
- SBS - Sick Building Syndrom
- MCS - Mutiple Chemical sensitivity
- Légionellose , Allergies …

Importante consommation d'énergie



Université Paul Sabatier TOULOUSE III

Historique des exigences réglementaires



BEPOS : le chauffage ne représente plus rien

Chauffage
11%

ECS
1%

Auxiliaires CVC+ECS
3%

Auxiliaires de ventilation
11%

Bureautique
36%

Eclairage
29%

Ascenseur
3%

Usages divers
6%

Bureautique
+éclairage
+ventilateurs
= 76%

ENERTECH

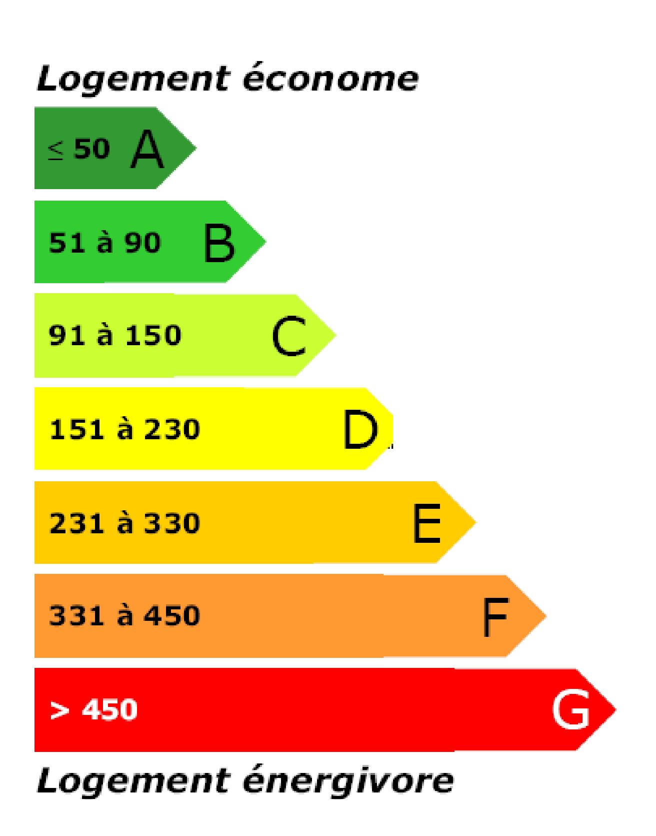
Immeuble bureaux à énergie positive
Répartition des différents postes de consommation énergétique

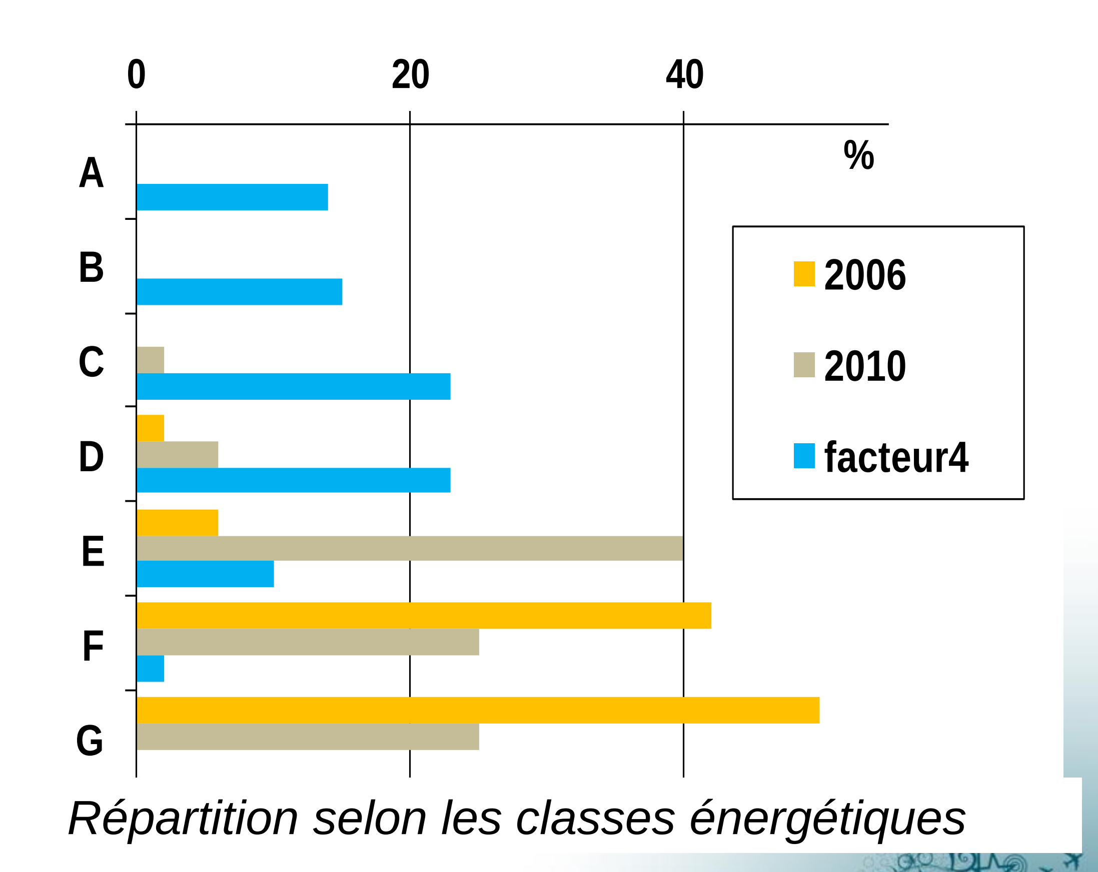


Université Paul Sabatier
TOULOUSE III

Grenelle de l'Environnement

programme sans précédent de rénovation des bâtiments existants





Répartition selon les classes énergétiques



Université Paul Sabatier TOULOUSE III

Retour d'expériences



Managing Energy And Comfort

Don't Sacrifice Comfort When Managing Energy

By Steve Tom, Ph.D., P.E., Member ASHRAE

In Lewis Carroll's classic *Through the Looking Glass*, the White Knight shows Alice his own invention—a lunch basket mounted upside down. "I carry it upside down so the rain can't get in" he says with pride. "But the things can get out," Alice replies. "Do you know the lid's open?"

The White Knight made the classic engineering mistake of focusing on a secondary objective to the point where he totally overlooks the primary goal. Many engineers and managers make a similar mistake with their HVAC energy programs. They focus on a secondary objective—minimizing energy use—while ignoring the primary goal of controlling the indoor environment. This misdirection is encouraged by common accounting practices. If you look at typical building costs through the eyes of a facility manager, the picture might look like *Figure 1*.

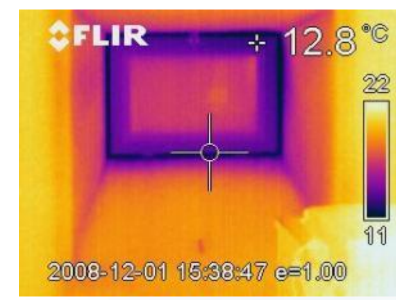
These costs are for a single-story, light industrial building in the Southeast. It's an occupant-owned building, and the original land purchase and construction costs were amortized over a 30-year life. The specific costs may not be typical of other buildings, as costs often vary widely depending on the type, location, energy sources, etc. What is of interest is the relative magnitudes and the control that a facility manager has over these costs. The

About the Author

Steve Tom, Ph.D., P.E., is director of technical information at Automated Logic in Kennesaw, Ga.

bâtiments HQE ou Green Building
consommations prévues VS mesurées
Facteur moyen 2.5 (max 8)

- **BÂTIMENT**
  - Mise en œuvre des matériaux
  - Mise en œuvre des systèmes
  - Défauts de conception
  - **Régulation**
  - ……



- **HABITANT**
  - Mauvaise gestion des systèmes
  - Modification des T° de consigne
  - Dégradation volontaire des systèmes
  - Occupation mal prévue
  - ……..



Transferts thermiques dans l’habitat

Transferts thermiques variables

Régulés – Régulables – Subis

Apports solaires

production de chaleur

Apports internes

Divers Elec

Transferts à travers l’enveloppe

Renouvellement d’air

…

climatisation

- **Dans le meilleur des cas une sonde de régulation par pièce**
- **régulateurs ⇒ régulent les systèmes**

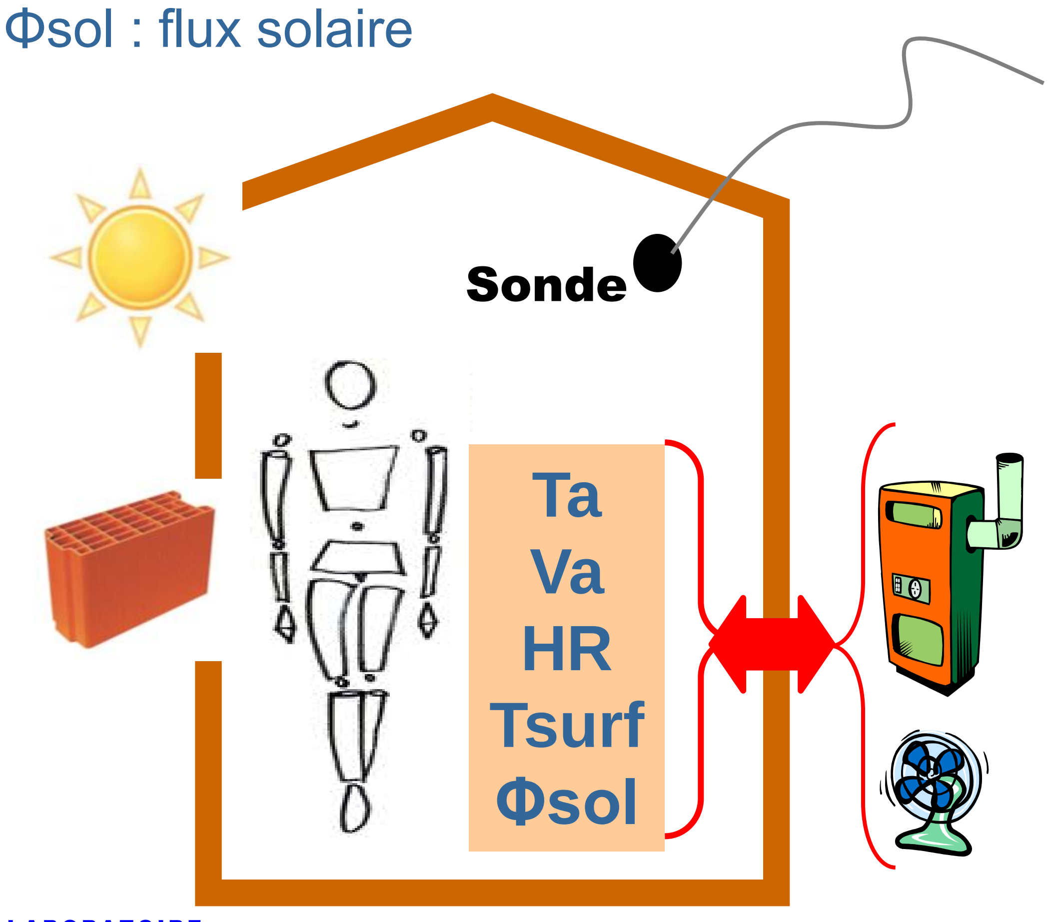






Les variables physiques

Ta : température de l'air
Va : Vitesse de l'air
HR : humidité de l'air
Tsurf : température des parois
Φsol : flux solaire



QUESTIONS

- Que mesure-t-on ?
  - où ?
  - avec quoi ?
  - ….
- Que régule-t-on ?
- Comment réguler ?
- …..
- POURQUOI ?
- COMMENT ?
- POUR QUI ??
- ….

Couplage Bâtiment ↔ Occupants

Climat

Transferts de masse et de chaleur

HABITAT

Réactions comportementales

Transferts de masse et de chaleur

Physiologie → *Perception* → *Interprétation*

Homme

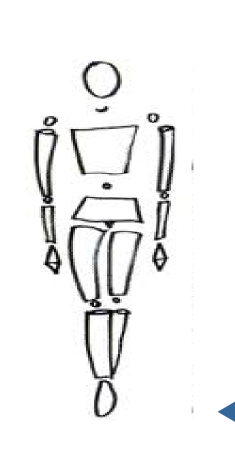
Perception = sensation
« chaud – neutre - froid »

Interprétation = confort
« j'aime / j'aime pas »

''Le confort c'est l'état d'esprit qui exprime une satisfaction de son environnement thermique''
(définition internationale)



Le *"confort"* peut être atteint car ...



Les occupants
s'adaptent au bâtiment

En se plaignant plus ou moins



les occupants adaptent le
bâtiment à leurs préférences

En engendrant plus ou moins de dégradation

Ceci dépend :
du climat, du contexte social économique et culturel de tout le système

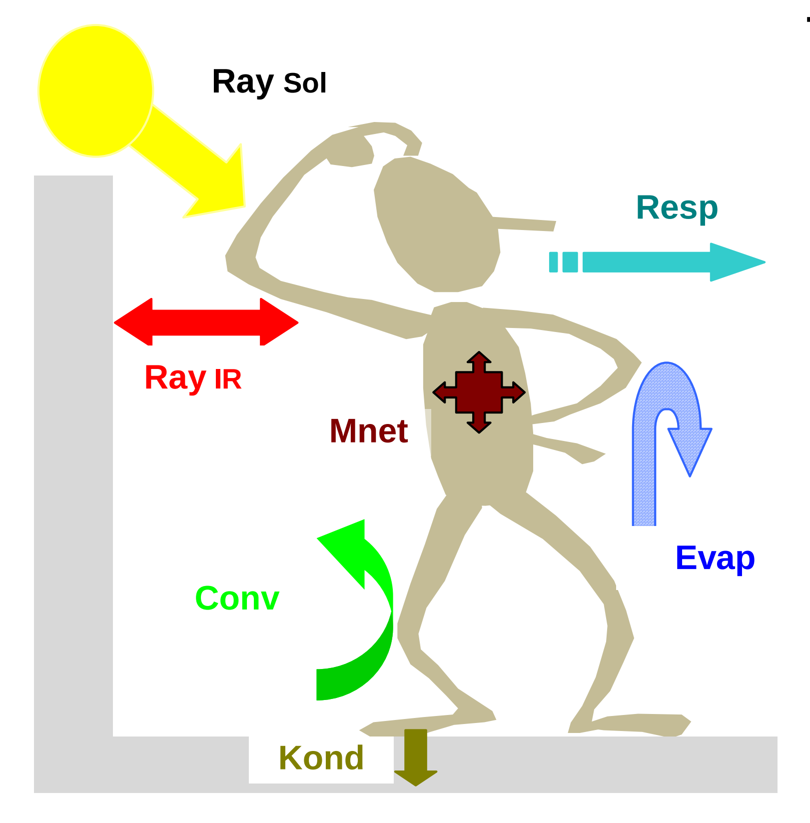
et de l'acceptabilité des systèmes techniques

Trop souvent il y a des plaintes d'inconfort,
car à la conception il n'y a pas de vrai projet de confort



Université Paul Sabatier
TOULOUSE III

Bilan Thermique du corps humain



Chaleur Produite - Thermogénèse

Mnet = M-W

- **M** **Métabolisme**
- **W** **Travail externe**

Chaleur Echangée avec le milieu ambiant - Thermolyse

- **Resp** **Respiration**
- **Evap** **Evaporation**
- **Conv** **Convection**
- **Ray_{IR}** **Rayonnement I.R**
- **Ray_{sol}** **Rayonnt Solaire**
- **Kond** **Conduction**

Peau ⇒vêtements

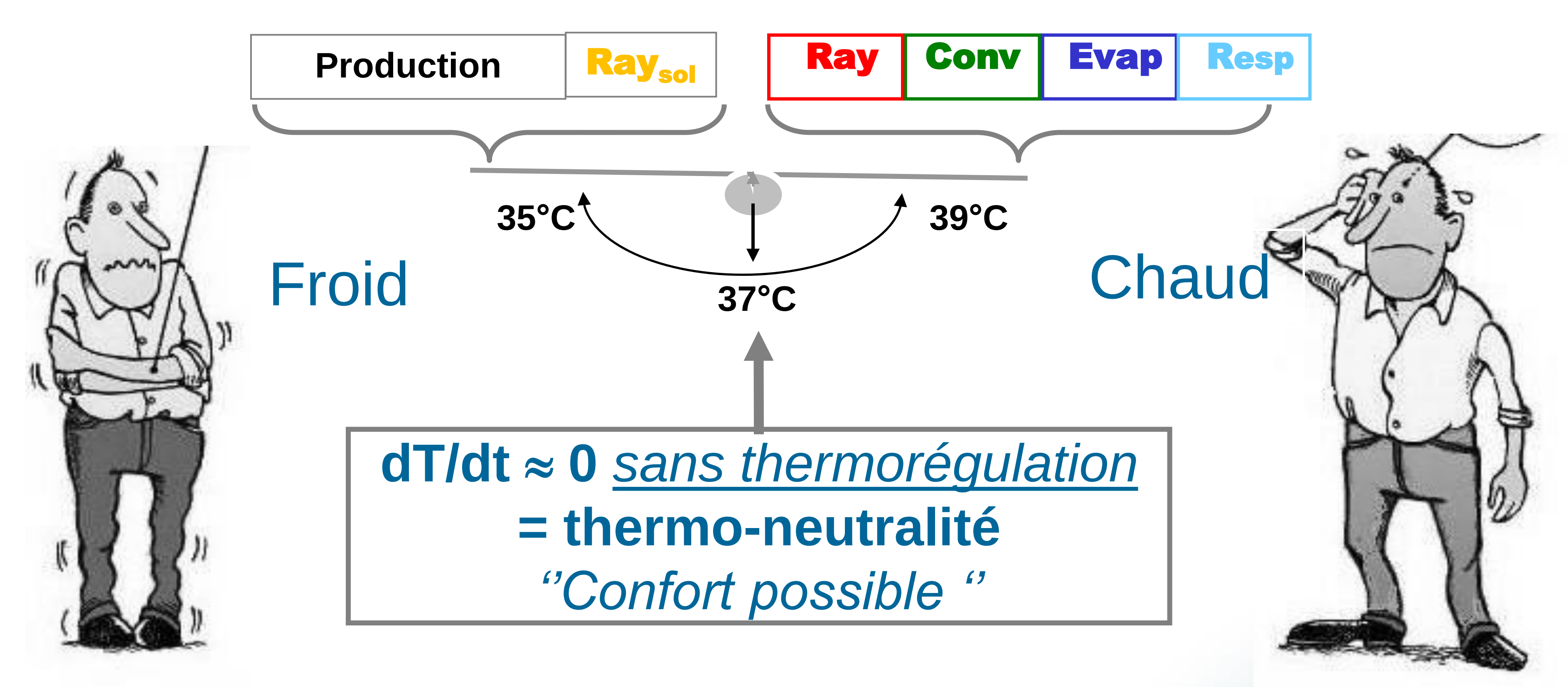
$$C.dT/dt = (M-W) - (Resp + Evap \pm Conv \pm Ray_{I.R} \pm Kond) + Ray_{Sol}$$

Dépend surtout du sujet *Dépend surtout de l'environnent*





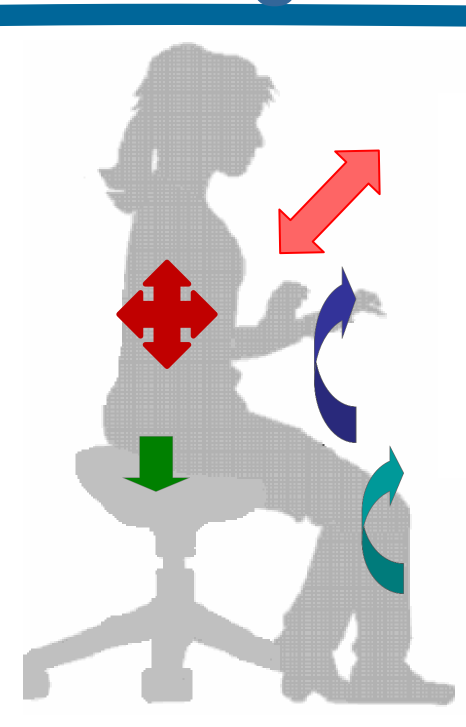
Le système est régulé !



Thermorégulation

- **Physiologique** maintenir constante la température de organes vitaux
- **Comportementale** maintenir un confort optimal

Échanges Homme - Environnement



Variables dépendants du sujet

- **Métabolisme**

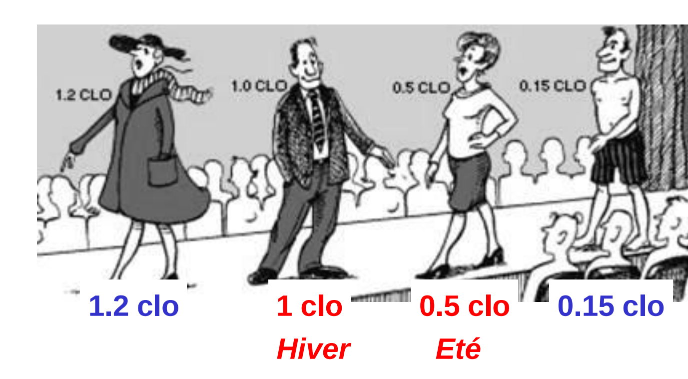
  repos couché : 90 W

  activité légère : 180 W

  activité soutenue : 330 W

  course à pied 10km/h : 1600 W

- **Vêtements**



1.2 clo | 1 clo *Hiver* | 0.5 clo *Eté* | 0.15 clo

Chaleur Produite

Mnet : 100 à 500 W

+

Chaleur Reçue

Rayonnement Solaire

0 à 700 W

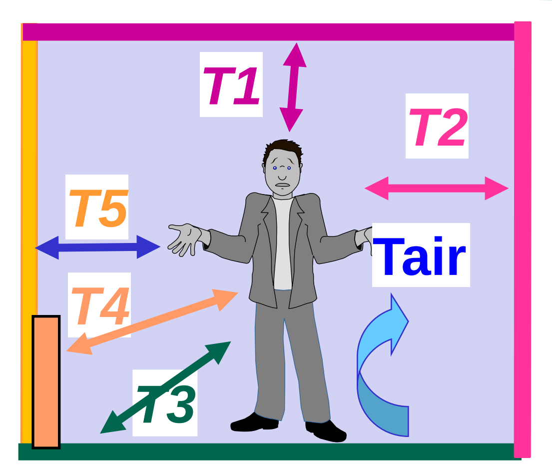
Chaleur Perdue

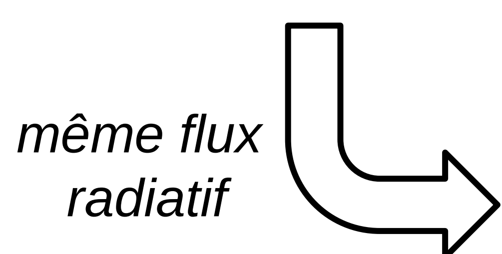
	Tair	Tsurf	Vair	HR
Resp	◘			◘
Evap			◘	◘
Conv	◘		◘	
RayIR		◘		
Kond		◘		





Température opérative ≈ *(ambiante, résultante sèche)*



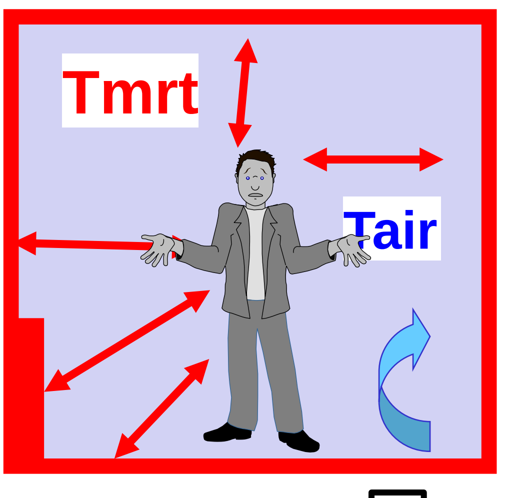


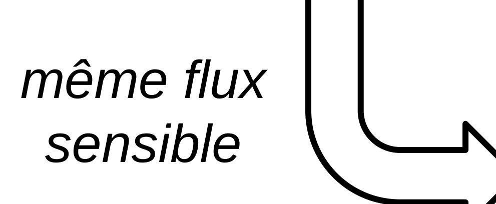
même flux radiatif

T

T_{mrt}

Température **m**oyenne de **r**ayonnement





même flux sensible

Top

Température opérative

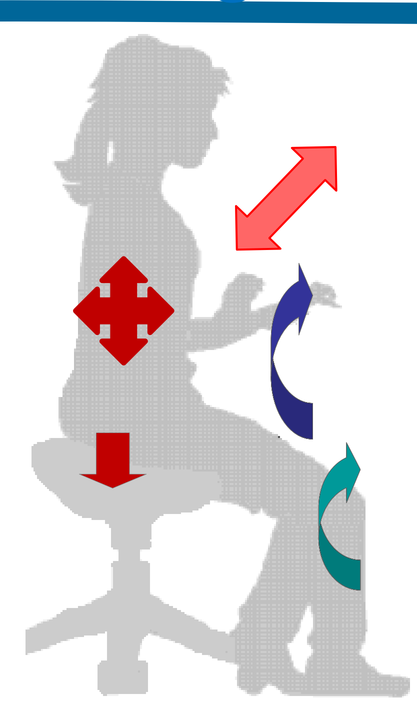




à bilan thermique égal,
il est plus agréable de respirer de l'air frais

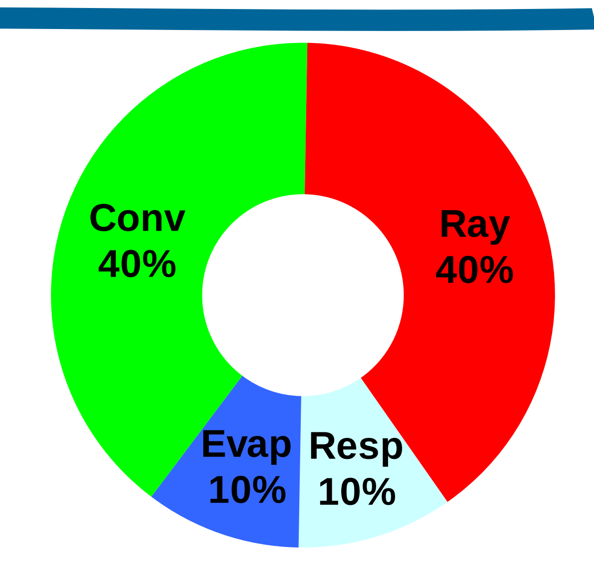
LABORATOIRE PHASE

Ordre de grandeur

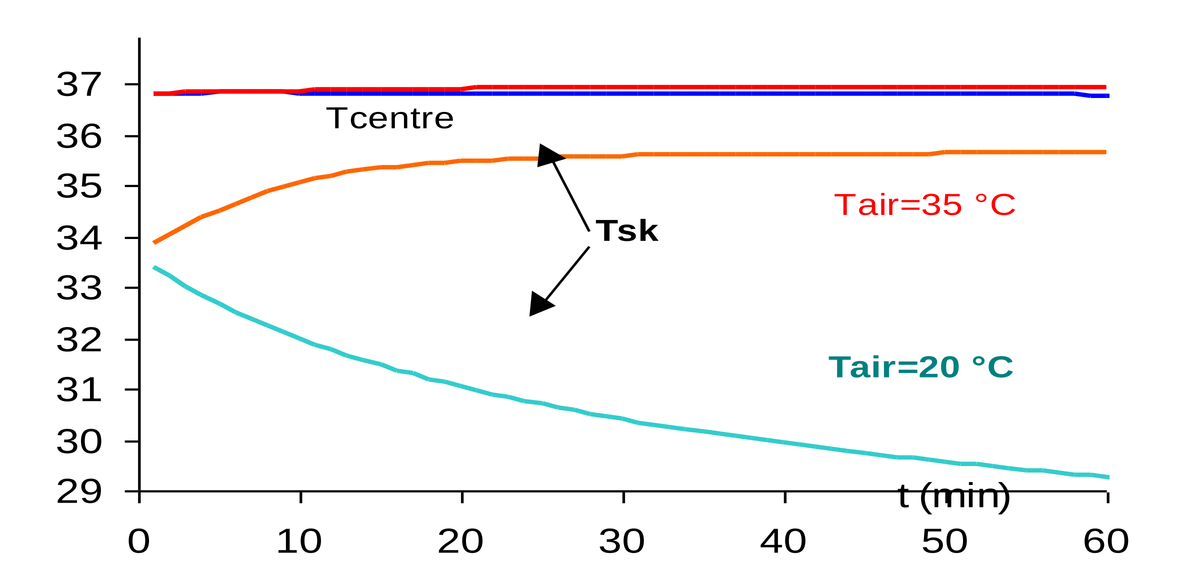


Condition ''standard'' hiver
repos M = 100 W
vêtement hiver 1 clo

Température opérative neutre
21.5°C < **23.5 °C** < *25 °C*



Réglementation Treg = 19°C



Constante de temps thermo-physiologique
≅ 1h

Université Paul Sabatier
TOULOUSE III

De fait le 19°C réglementaire n’est pas suivi

Température (°C)

	Bron	Ineed	Mulhouse (rénovation)	B1	B2 Dauphilogis	B2 OPAC	B3	G1
Température intérieure moyenne	21,9	20,9	19,1	21,1	21,5	21,9	20,3	20,7

Axe : -, 2,0, 4,0, 6,0, 8,0, 10,0, 12,0, 14,0, 16,0, 18,0, 19,0, 20,0, 22,0, 24,0

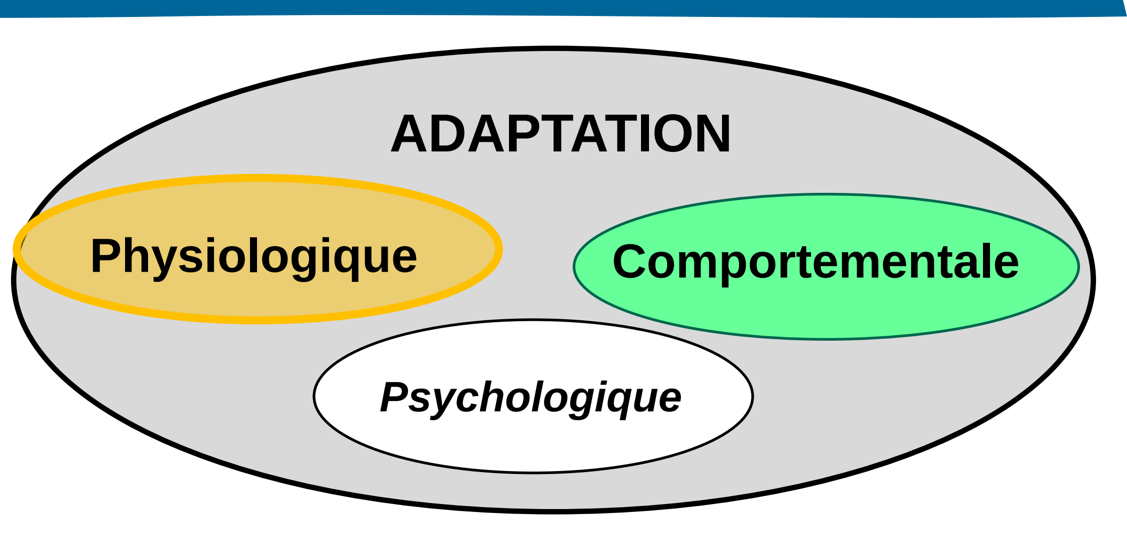




Confort thermique & Démarche Adaptative

***CONFORT THERMIQUE** c'est l'état d'esprit qui exprime la satisfaction envers l'environnement thermique [ASHRAE]*

'Si un inconfort apparait, les gens réagissent de façon à rétablir leur confort'



Tc (°C)
Température de confort

Naturellement ventilés

Conditionnés

Text (°C)

Adaptation comportementale : individuelle et/ou technologique

Régulations imbriquées

Régulation Technologique

Régulation Comportementale

Régulation Physiologique Autonome

Régulateur Technologique

Instruments de Mesure

Perturbations Externes

Chauffage Climatisation

Vêtements Posture Mouvements volontaires

Sensation

Confort

Hypothalamus

Senseurs Externes

Senseurs Internes

Enveloppe corporelle

Corps

Perturbations Internes

Vasomotricité Transpiration

Métabolisme

La régulation technologique doit faciliter
la régulation comportementale
pour minimiser la régulation physiologique



Couplage Bâtiment ↔ Occupants

Climat

Transferts de masse et de chaleur

HABITAT

Réactions comportementales

Transferts de masse et de chaleur

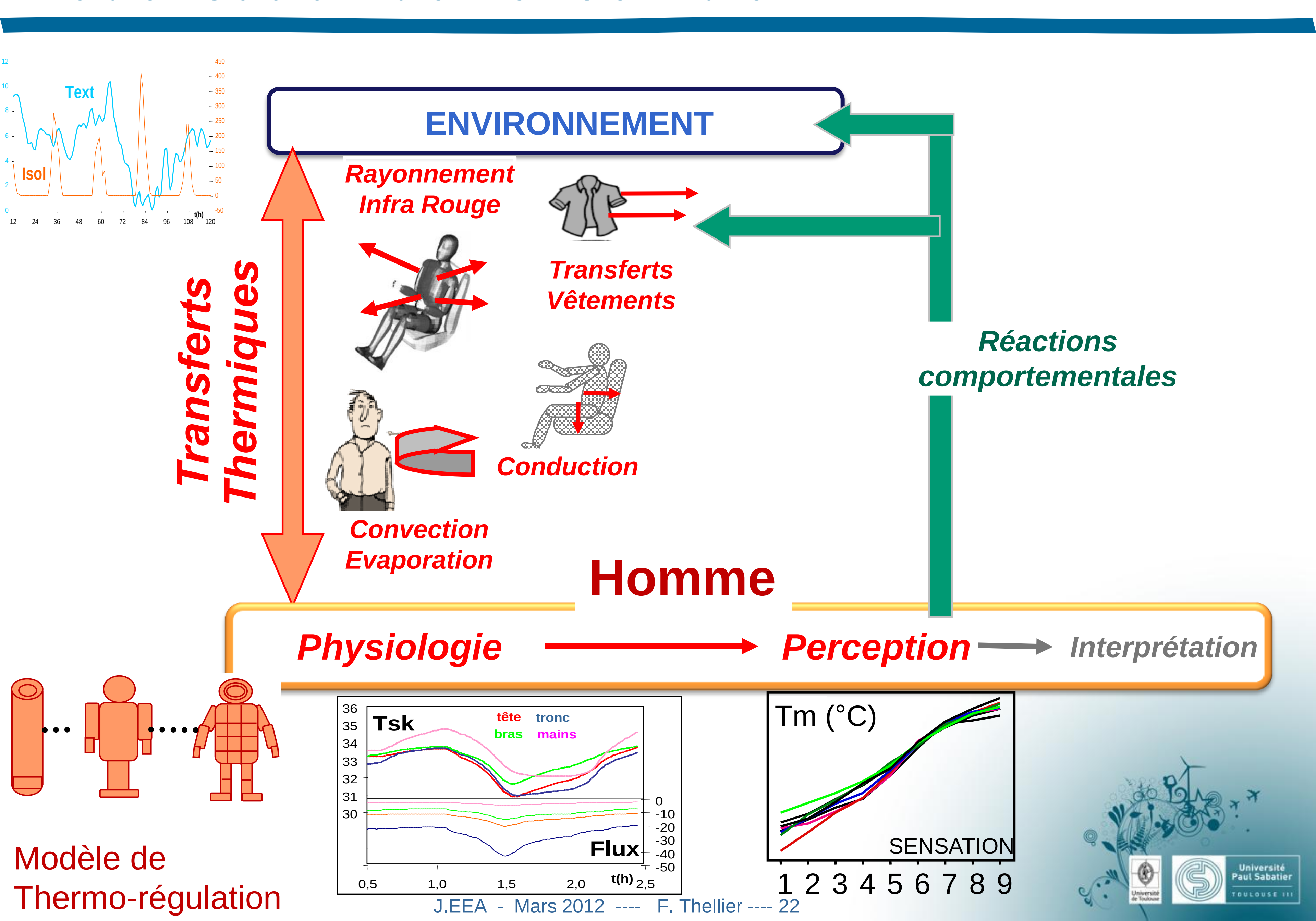
Physiologie → *Perception* → *Interprétation*

Homme

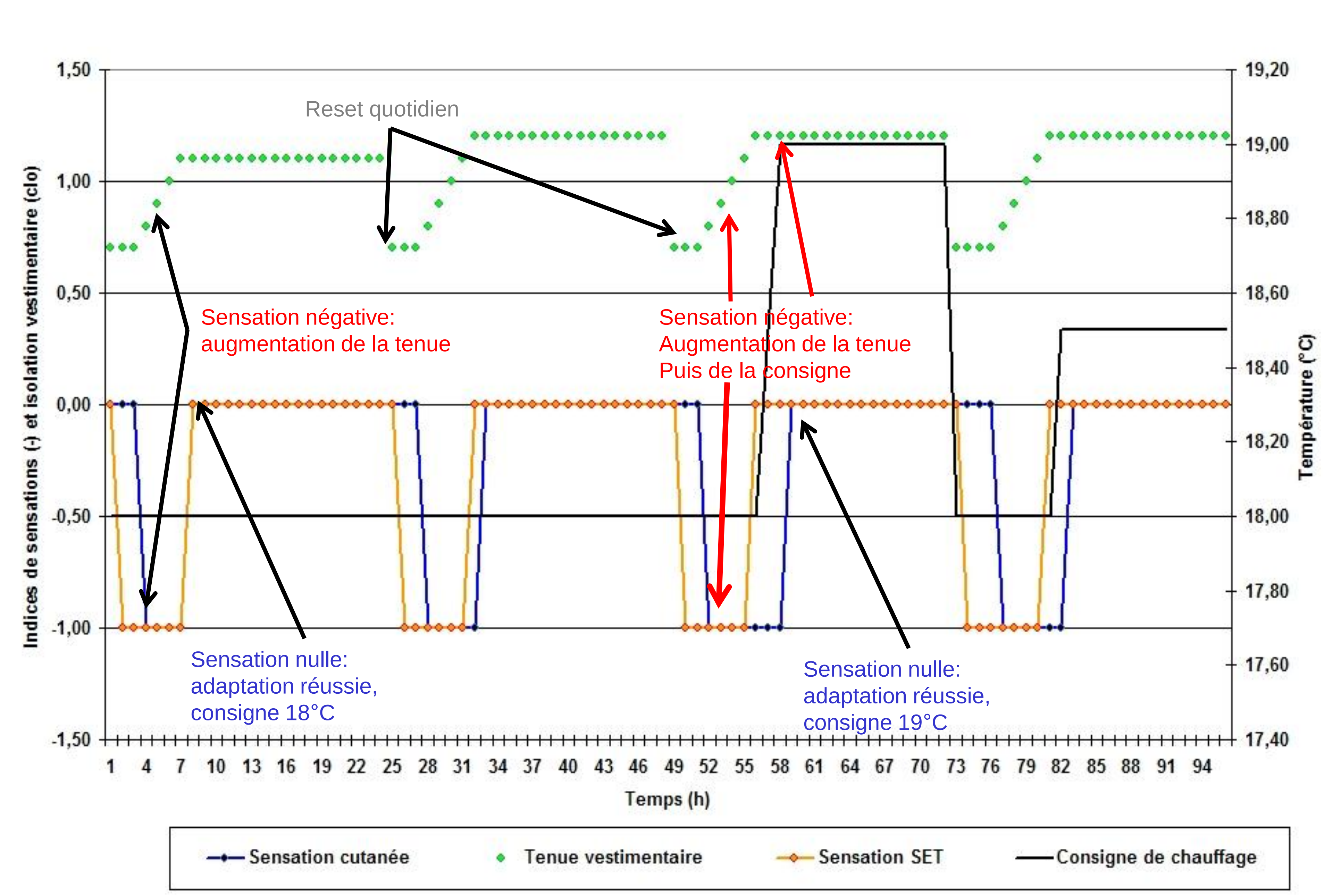




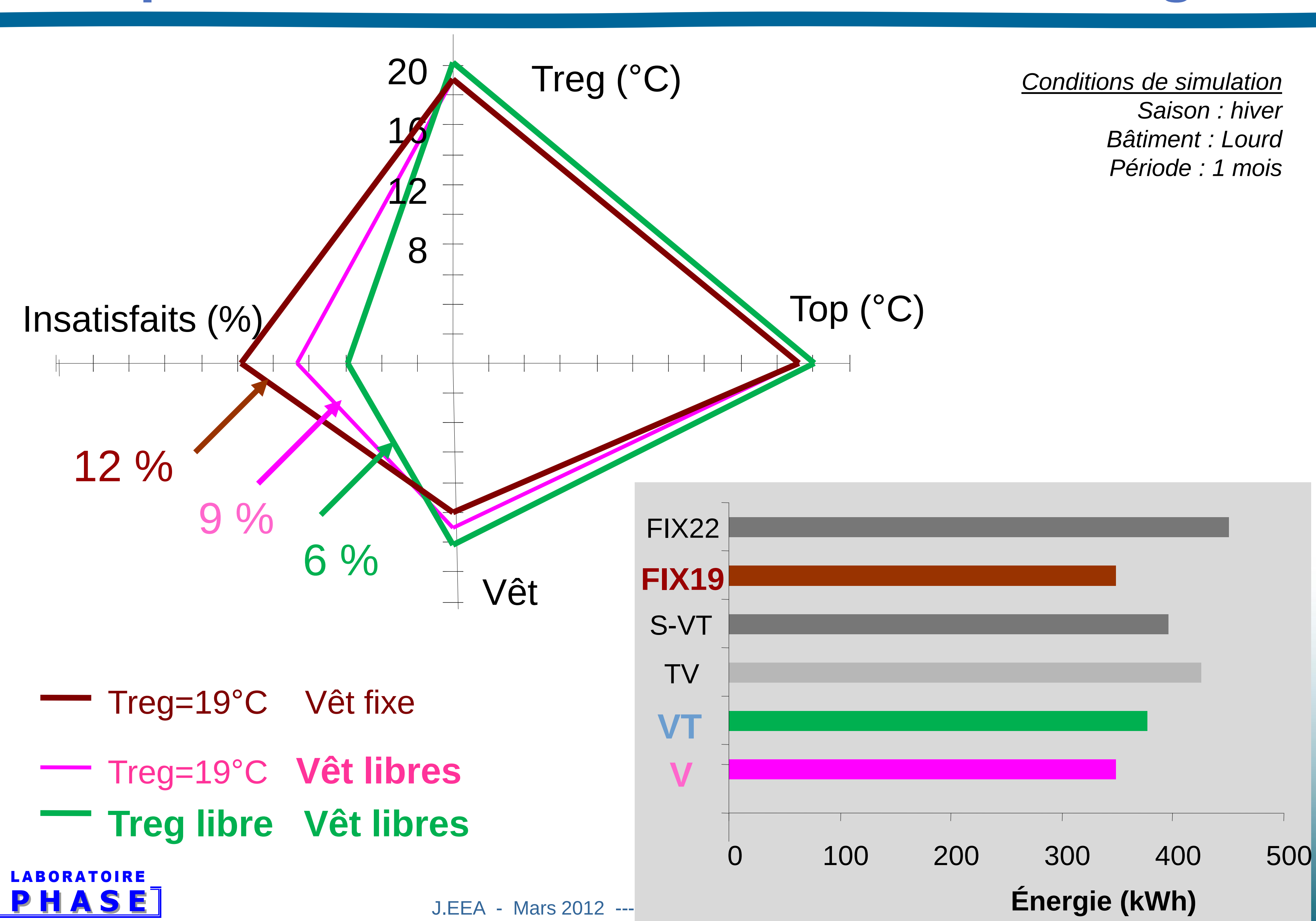
Modélisation de l'ensemble



Résultats de modélisation

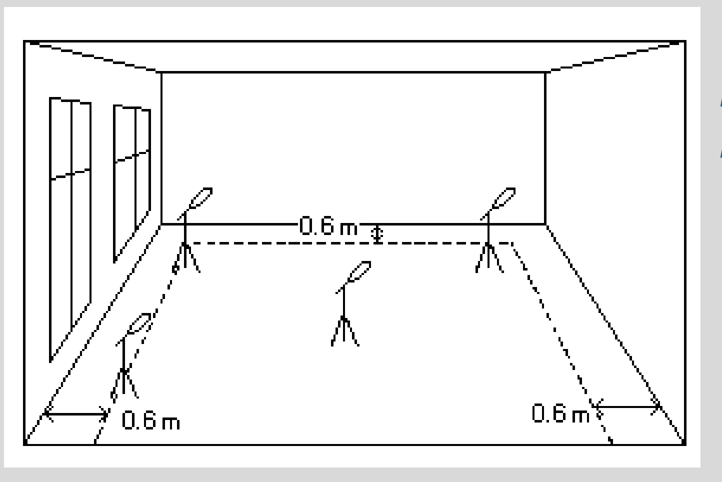


Comportement ↔ Consommation d'énergie



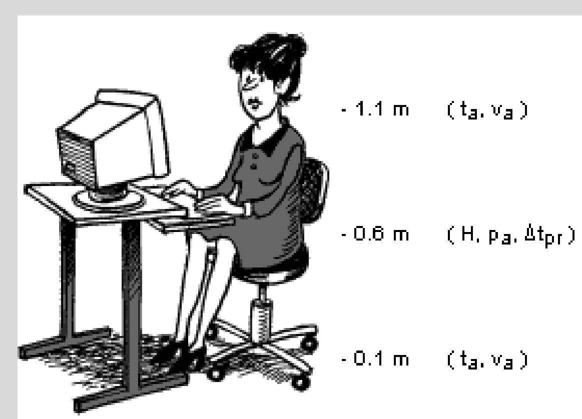
Où mesurer ? Que réguler ?

Positions ''Normées'' des capteurs pour l'évaluation de la qualités des ambiances



Dans le plan horizontal

Dans le plan Vertical



Expériences

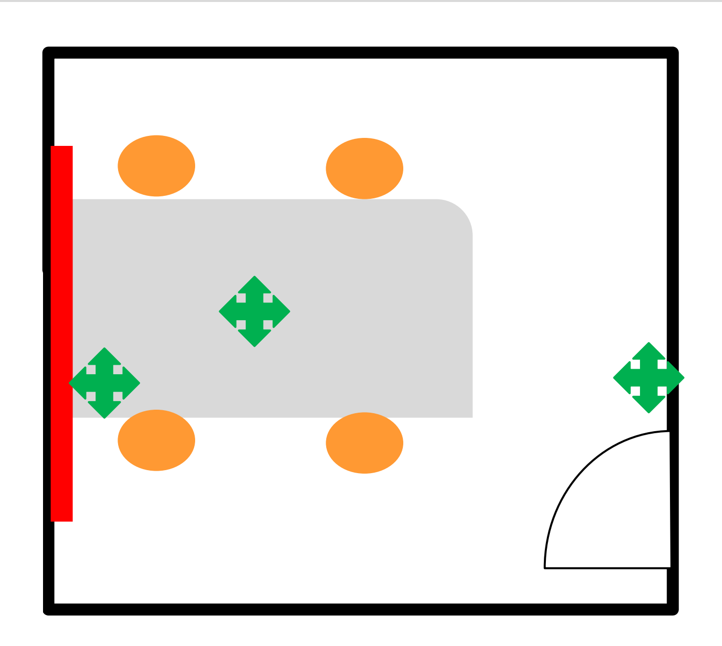


occupants

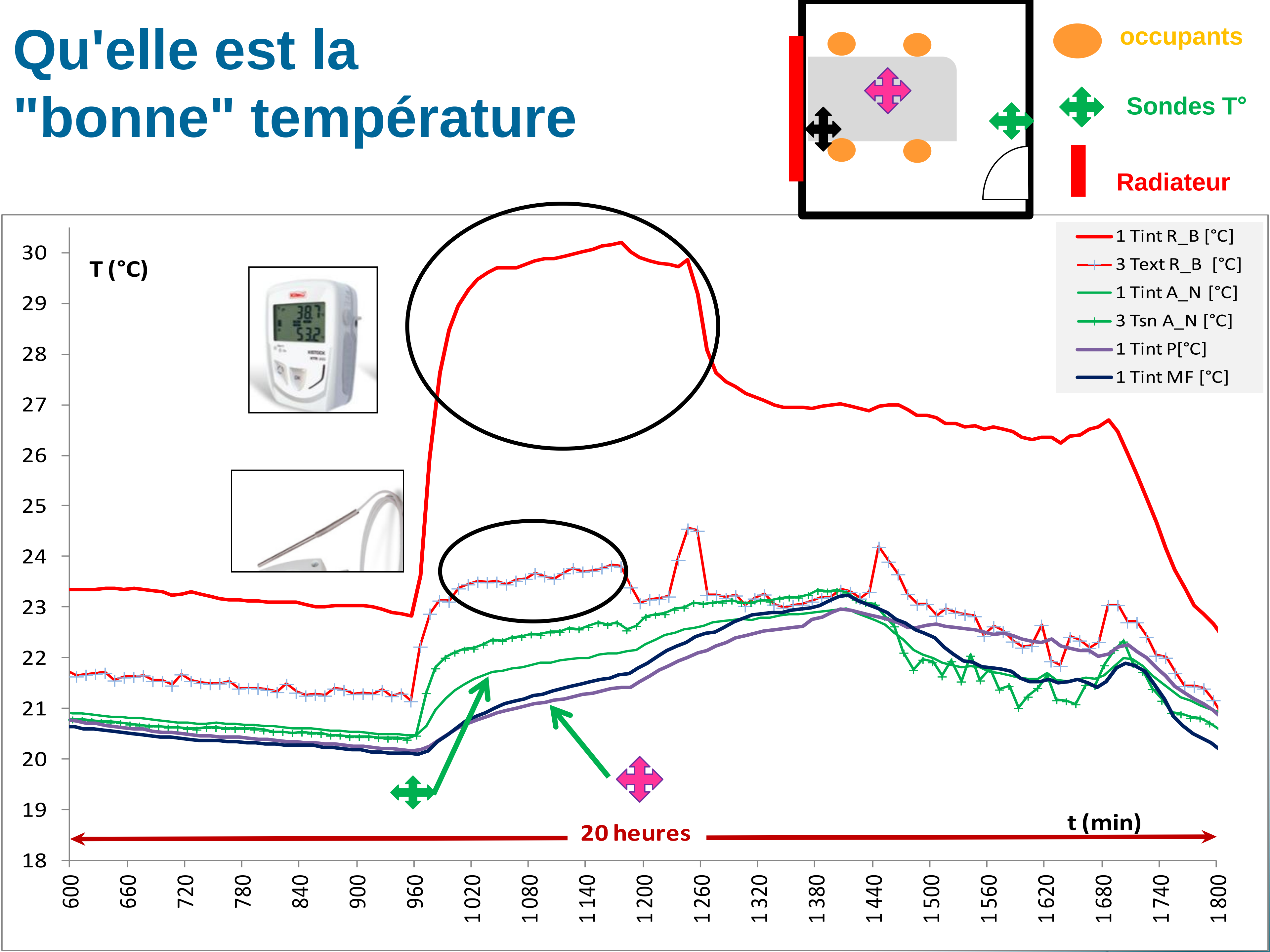


Sondes T°

Radiateur







Qu'elle est la "bonne" température
occupants
Sondes T°
Radiateur
T (°C)
1 Tint R_B [°C]
3 Text R_B [°C]
1 Tint A_N [°C]
3 Tsn A_N [°C]
1 Tint P[°C]
1 Tint MF [°C]
20 heures
t (min)
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
600
660
720
780
840
900
960
1 020
1 080
1 140
1 200
1 260
1 320
1 380
1 440
1 500
1 560
1 620
1 680
1 740
1 800

Acceptabilité & Interface Homme – régulation

How People Actually Use Thermostats
Alan Meier et al., ©2010 ACEEE

1950's

1970's

2000's



42% foyers équipés en 2008

89 % pas de programmation semaine/week end
53% Température fixe

47% programmés jours/nuits

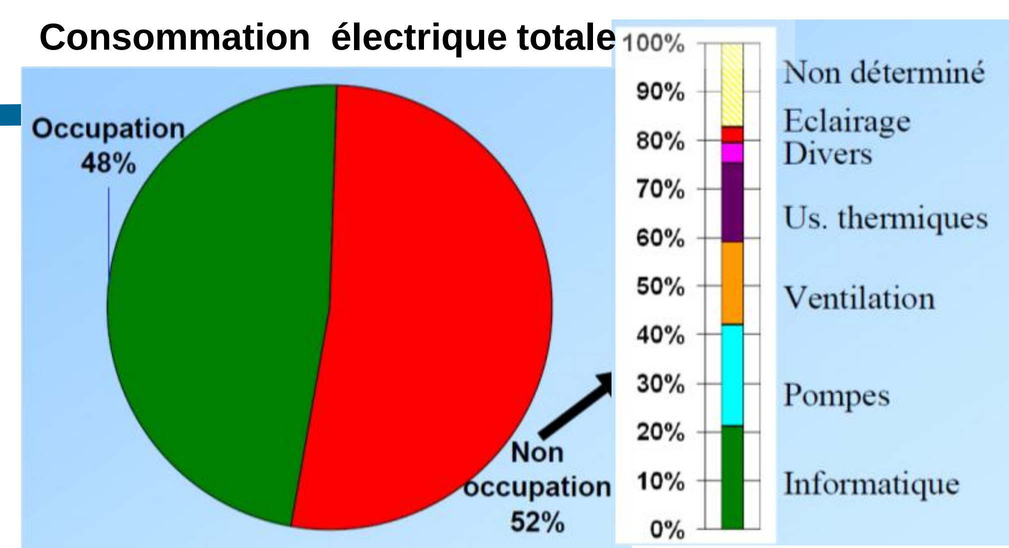
La plus souvent thermostat
- mal positionné (à l'envers)
- dans la mauvaise pièce (cave, ..
- …..

Raisons
- *Trop compliqué à programmer*
- *Esthétique du système*
- *Mode d'emploi trop technique*
- *Économie méconnue*

Un thermostat ne fait économiser de l'énergie que si
- Bien installé
- Mode d'emploi clair
- On sait ce qu'il contrôle

Sinon système totalement contre performant !!

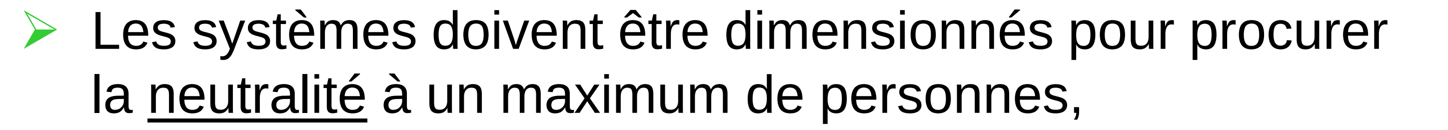
Conclusions



- Confort doit être prioritaire
  mais que lors de l'occupation !!

- Il faut mettre en place des systèmes **très** performants
  - contrôler tous les asservissements
  - former les usagers à la sobriété
  - …





- Les systèmes doivent être dimensionnés pour procurer la <u>neutralité</u> à un maximum de personnes,

le confort ne peut être atteint que
si on laisse aux occupants des possibilités
d'ajustements individualisés,
mais pas sur-consommateurs d'énergie !





Pour une Habitat durable

« La seule énergie qui ne pollue pas, est celle qu'on ne consomme pas »

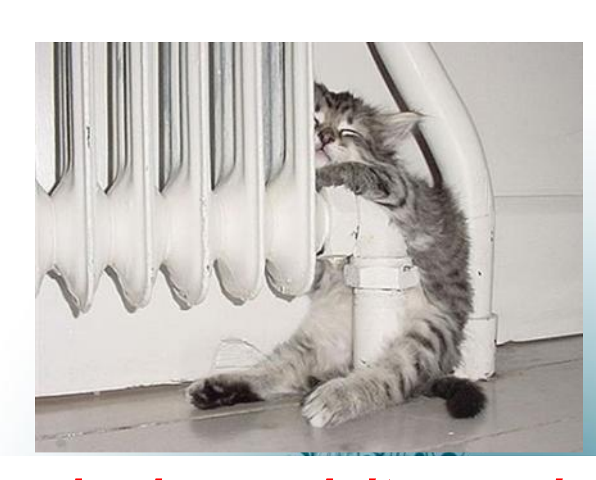


Habitat économe
si
Habitant économe

Architecture ''passive''
↓↓
Occupant Actif

Tout le monde ne rêve pas de ça …..





….. mais chacun doit pouvoir trouver SA solution économe







LABORATOIRE PHASE

Confort dans le bâtiment : n’oublions pas l’habitant(e) !

La neutralité se calcul mais ……

……le confort est une question de choix individuel !

Merci de votre attention

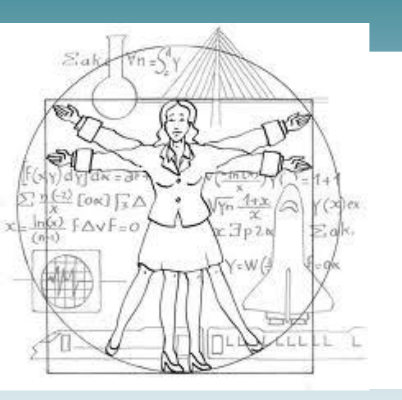


Des questions ??









Confort dans le bâtiment : n'oublions pas l'habitant(e) !

Françoise THELLIER - thellier@cict.fr

Françoise MONCHOUX & Jean-Pierre BEDRUNE http://phase.ups-tlse.fr/



Université Toulouse III- Paul Sabatier

118, route de Narbonne - 31062 TOULOUSE Cedex 9

http://www.ups-tlse.fr/



